



UNIVERSITAS
ATMA JAYA YOGYAKARTA

ISSN : 2089-9815

PROCEEDING SENTIKA 2014

<http://fti.uajy.ac.id/sentika>



15 Maret 2014

**Auditorium Kampus Bonaventura
Universitas Atma Jaya Yogyakarta**



PROCEEDING SENTIKA 2014
ISSN 2089-9815

15 Maret 2014

Alamat Redaksi & Distribusi

Tata Usaha Fakultas Teknologi Industri
Universitas Atma Jaya Yogyakarta
Jln. Babarsari No. 43, Yogyakarta 55281
Telp. (0274) 487711 Fax. (0274) 485223

E-mail : sentika@uajy.ac.id

Website : <http://fti.uajy.ac.id/sentika/>

DEWAN REDAKSI

Penanggung Jawab

Dr. A. Teguh Siswanto

Ketua Panitia

Martinus Maslim, S.T., M.T.

Wakil Ketua

Thomas Adi Purnomo Sidhi, S.T., M.T.

Kesekretariatan dan Bendahara

Findra Kartika Sari Dewi, S.T., M.M., M.T.

Yonathan Dri Handarkho, S.T., M.Eng

Agustinus Kris Handoyo

Reviewer

Dr. Ir. Alb.Joko Santoro, M.T.

Prof. Ir. Suyoto, M.Sc., Ph.D.

Dr. Pranowo, M.T.

Pubdekdok

Heribertus Edi Sulistyono

Perlengkapan

Hendra Kriswinanta

Acara

B. Yudi Dwiandiyanto, S.T., M.T.

Kusworo Anindito, S.T., M.T.

Konsumsi

Lucia Misa Indrawati

Proceeding Sentika 2014 diterbitkan oleh Fakultas Teknologi Industri Universitas Atma Jaya Yogyakarta sebagai media untuk menyalurkan pemahaman tentang aspek-aspek teknologi informasi berupa hasil penelitian lapangan atau laboratorium maupun studi pustaka yang melengkapi *event* Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Komunikasi (SENTIKA) 2014.

DAFTAR ISI

Dewan Redaksi

Sambutan Rektor Universitas Atma Jaya Yogyakarta

Sambutan Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Atma Jaya Yogyakarta

Sambutan Ketua Panitia Sentika 2014

Daftar Isi

Metodologi Untuk Mendesain Sistem Pakar Pada Otomasi Penyusunan Angka Kredit Instruktur Berbasis <i>Web</i>	1-8
Rekayasa <i>Web</i> Dengan <i>Uml-Based Web Engineering (UWE)</i> (Studi Kasus Jurnal Teknologi Informasi)	9-14
Analisa Perancangan Sistem Informasi Manajemen Rantai Pasok (<i>Supply Chain</i>) Pada Perusahaan Pembuat Peralatan Tambang (Studi Kasus PT. Refindo Inti Selaras Indonesia)	15-21
Sistem Informasi Akademik Bidang Penilaian Hasil Belajar Siswa/I Pada MI Al-Khairiyah Pondok Pinang	22-27
Sistem <i>Check Out</i> Kasir Pada Supermarket Grosir Dengan Menggunakan <i>Passive RFID Technology</i>	28-34
Kinerja <i>Cosine Similarity</i> Dan <i>Semantic Similarity</i> Dalam Pengidentifikasian Relevansi Nomor Halaman Pada Daftar Indeks Istilah	35-40
Sistem Manajemen Aset Menggunakan Teknologi <i>Radio Frequency Identification (RFID)</i>	41-45
Perancangan Sistem Pakar Penentu Proses Persalinan Dengan Metode <i>Naive Bayes</i> Pada Kepulauan Di Daerah Terpencil Penebel Tabanan Bali	46-51
Metode <i>Stemming</i> Sebagai Preprocessing Pada Filter Kata Porno Melalui Aspek Pendidikan	52-60
Perancangan Sistem Pendukung Keputusan Dengan Metode AHP Untuk Menentukan Hasil Prakerin Siswa SMK Berbasis Web	61-66
Monitoring Absensi Melalui Visualisasi Grafik Studi Kasus Karyawan Universitas Islam Syekh Yusuf Tangerang	67-70
Sistem Kendali Sirkulasi Udara Berdasarkan Kondisi Lingkungan Sekitar Untuk Kenyamanan Ruang	71-75
Pengembangan Buku Pintar Metode Pembelajaran Kooperatif Berbantuan <i>Augmented Reality</i> Pada Smartphone Studi Kasus Mahasiswa Kependidikan Fakultas Teknik Universitas Negeri Malang	76-82

Efektivitas Layanan Internet Banking Berdasarkan Persepsi Konsumen (Studi Pada Nasabah PT. Bank Mandiri Dan PT. Bank Negara Indonesia Tahun 2013)	83-89
Pengembangan Sistem Informasi Pengelolaan Data Pelayanan Kependudukan Dan Pencacatan Sipil (Studi Di Kota Blitar Jawa Timur)	90-96
Implementasi Sistem Komunikasi Siso Berbasis <i>Wireless Open Access Research Platform (WARP)</i>	97-105
Penentuan Prioritas Investasi Bidang Teknologi Informasi Menggunakan Metode <i>Fuzzy-Multi Criteria Decision Making</i> (Studi Kasus Politeknik Caltex Riau)	106-115
Perbandingan Penerapan OOP Dan AOP Pada Aplikasi Yang Dibangun Dengan <i>Framework ASP.Net MVC Web Application</i>	116-125
Pengklasifikasi Teks Multi-Domain Pendukung Translasi Bahasa Alami Menggunakan Metode <i>Topological Taxonomy Term Statistical Ratio (T3SR)</i>	126-136
Aplikasi Pelembutan Citra (<i>Image Smoothing</i>) Berdasarkan Komputasi Klasik Dan Kuantum	137-142
Implementasi Metode OOAD Pada Perancangan Kamus Istilah Akuntansi Berbasis Mobile	143-147
Aplikasi Sistem Informasi Ibu Hamil (Simbumil) : Prototipe Layanan Rekam Kesehatan Ibu Hamil	148-153
Analisa Perencanaan Pengembangan Coverage Area WLAN Di Gedung IT Telkom (Studi Kasus Gedung A, B, C, D, K, LC)	154-159
Klasifikasi Daun Tanaman Theobroma Cacao Menggunakan Metode <i>Neural Network</i>	160-165
Analisis Jenis Sistem Pembayaran Elektronik Dalam Transaksi <i>E-Commerce</i> Di Indonesia	166-173
Standar Nielsen Untuk <i>Benchmarking Interface E-Commerce Tour & Travel</i>	174-180
Efektifitas Pembayaran Online Menggunakan <i>E-Commerce</i> Pada Usaha Kecil Menengah (UKM) Di Kota Solo	181-189
<i>Benchmarking Website E-Commerce</i> Menggunakan Teknik Pengukuran Webqual	190-198
Molla & Licker Model Untuk Analisis <i>Critical Success Factor Website E-Commerce</i> Studi Kasus: Bhinneka.Com	199-206
Pengembangan Website Content Store “ <i>Cheer App Market</i> ”	207-214
Rancang Bangun Sistem Informasi Geografis Layanan Publik Berbasis <i>Mobile Web</i> Studi Kasus: Kota Palangka Raya	215-222

Analisa Sebaran Sekolah Asal Menggunakan Metode <i>Hierarchical Clustering Analysis</i> Kasus Mahasiswa Baru UNIS Tangerang	223-229
Analisa Dan Perancangan Aplikasi Pengolahan Arsip Surat Jalan (Pesan) Pada PT. Subur Sentosa	230-235
Lima Metode Perencanaan Strategis Sistem Informasi Dan Teknologi Informasi Untuk Pengembangan <i>E-Government</i>	236-244
Implementasi <i>Student E-Portfolio</i> Pada RA Al-Falah Ceger Sebagai Alat Untuk Memantau Perkembangan Anak	245-253
Rancang Bangun Aplikasi <i>Business Intelligence</i> Berbasis <i>Web</i> Untuk Subjek Kegiatan Akademik Pada Universitas	254-263
Aplikasi Strategi <i>Customer Relationship Management</i> Dalam Mempertahankan Loyalitas Pelanggan (Studi Kasus : Pengusaha Catering)	264-270
Perancangan <i>User Interface</i> Berbasis <i>Web</i> Untuk Home Automation Gateway Yang Berbasis IQRF TR53B	271-278
Perancangan Sistem <i>Tracking Report Process Production</i> Pada PT. Indotaichen Textile Industry	279-286
Implementasi Metode <i>The American Productivity Center</i> Pada Sistem Pengukuran Kinerja Pada Pengusaha Kripik Tempe	287-292
Analisis Tingkat Penerimaan Sistem Informasi Kerugian Negara/Daerah (Sikad) Di BPK RI	293-303
Rancangan Konsep <i>Cloud Computing</i> Pada Lingkup Pemerintahan	304-313
Membangun <i>Integrated Digital Forensics Investigation Framework (IDFIF)</i> Menggunakan Metode <i>Sequential Logic</i>	314-320
Perancangan Sistem Pendukung Keputusan Kelompok Metode Topsis Dan Borda Untuk Evaluasi Kegiatan Penanganan Infrastruktur Jalan	321-329
Aplikasi Rekapitulasi Elektronik Absensi Guru & Pegawai (Area-GP) Pada Sekolah Menengah Atas	330-334
Monitoring Titik Iklan Menggunakan Map <i>Geographic Information System</i>	335-340
<i>Human Error Analysis In The Use Of Money Transfer On Internet Banking In XYZ Bank By Using Sherpa</i>	341-345
Analisis Dan Optimalisasi Layar 2 <i>Network Security</i>	346-351
Implementasi Sistem Informasi Rekam Medis Dengan Menggunakan Pendekatan FAST (<i>Framework For The Application Of System Techniquet</i>) Untuk Mendukung Evaluasi Pelayanan Rumah Sakit Umum Di Tangerang	352-360

Penggunaan Algoritma <i>Learning Vector Quantization</i> Dalam Mengenali Suara Manusia Untuk Kendali <i>Quadrotor</i>	361-365
Modifikasi Algoritma <i>Playfair</i> Dan Menggabungkan Dengan <i>Linear Feedback Shift Register (LFSR)</i>	366-371
Analisis Dan Rancang Bangun Sistem Informasi Terintegrasi <i>Supply Chain Management</i> Pada Perusahaan Karoseri XYZ	372-381
Analisa Dan Pengembangan Sistem Peringatan Keamanan Jaringan Komputer Menggunakan SMS <i>Gateway</i> Dan Paket Filter	382-388
Perancangan Sistem Pendukung Keputusan Dengan Metode <i>Fuzzy Analytic Hierarchy Process</i> Dalam Penyeleksian Pemberian Kredit (Studi Kasus : Kopdit Remaja Hokeng)	389-397
<i>Increased Effort</i> Dan <i>User Expectation</i> Sebagai Determinan Dari Resistensi Terhadap Sistem Informasi	398-405
Pembuatan Sistem Informasi Geografis Untuk Penunjang Keputusan Penyebaran Sekolah Dan Pemerataan Pendidikan	406-411
Diagnosis Penyakit Pasien Menggunakan Sistem <i>Neuro Fuzzy</i> Berbasis Sistem Informasi Rekam Medis Dan Pemeriksaan Laboratorium	412-418
Aplikasi Sistem Pakar Pendeteksi Kerusakan Pada Smartphone	419-428
Rancangan Aplikasi <i>E-recruitment</i> Pada PT. Kalila Indonesia	429-435
Pengembangan Sistem Identifikasi Multimodal Dengan Menggunakan Wajah Dan Telinga	436-443
Implementasi Sistem Reservasi Hotel Dalam <i>Cloud Computing</i>	444-451
<i>Designing Network Security For Eucalyptus Private Cloud Infrastructure Using SSL-VPN</i>	452-460
Pemanfaatan Data Terra Modis Untuk Identifikasi Titik Api Pada Kebakaran Hutan Gambut (Studi Kasus Kota Dumai Provinsi Riau)	461-467
Sistem Pakar Kesehatan Untuk Diagnosa Awal Penyakit Menggunakan Metode <i>Dynamic Binary Tree</i>	468-475
Analisis Dan Perancangan Sistem Informasi Integratif Di STIKOM Artha Buana Berbasis <i>Enterprise Resource Planning</i>	476-483
Desain Portal Edutainment Budaya Indonesia sebagai Sarana <i>Self-Direct Learning</i> Siswa Di Tingkat Sekolah Dasar	484-491
Sistem Keamanan Sepeda Motor Melalui <i>Short Message Service</i> Menggunakan AVR Mikrokontroler ATMEGA8	492-500

Aplikasi Pembelajaran ASL (<i>American Sign Language</i>) Untuk Tunarungu Wicara Berbasis Android	501-510
Membuat Motif Anyaman Bervariasi Dengan Menggunakan <i>Fraktal Sierpinski Carpet</i>	511-519
Pemanfaatan Teknologi Informasi Dan Komunikasi Sebagai Media Pemberdayaan Komunitas Perempuan Di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta (Studi Kasus Kampung Cyber RT 36 Taman Sari Yogyakarta)	520-528
Pemodelan Monitoring Pemakaian Dan Penghematan Energi Listrik Dengan Teknologi Jaringan Sensor Nirkabel	529-536
Desain Sistem Peringatan Dini Untuk Pencegahan Kecelakaan Dalam Jaringan VANet	537-542
Modifikasi Algoritma Porter Untuk <i>Stemming</i> Pada Kata Bahasa Indonesia	543-550
Sistem Tanggap Darurat Demam Berdarah Berbasis Sistem Informasi Geografis Dengan Dukungan Informasi Masyarakat Melalui Perangkat Mobile	551-559
Pengembangan Sistem Deteksi Jatuh Pada Lanjut Usia Menggunakan Sensor Accelerometer Pada Smartphone Android	560-565
Desain Sistem Denda <i>Online</i> Terhadap Pelanggaran Traffic Light Menggunakan RFID Berbasis Web	566-573
Segmentasi Citra Aksara Jawa Menggunakan Algoritma <i>Particle Swarm Optimization</i>	574-578
<i>Strategi Implementasi Continual Service Improvement</i> Menggunakan Framework ITIL V.3	579-587
Pengaruh Material Helix (Lilitan) Terhadap Kekuatan Sinyal Yang Dipancarkan Antena Helix 2,4 Ghz	588-595
Akses Kontrol Ruangan Menggunakan Sensor Sidik Jari Berbasis Mikrokontroler ATMEGA328P	596-604
Rancang Bangun Sistem Layanan Informasi Klinik Menggunakan SMS <i>Gateway</i> Studi Kasus : Klinik Mitra Sehat Papua	605-613

MEMBUAT MOTIF ANYAMAN BERVARIASI DENGAN MENGGUNAKAN FRAKTAL SIERPINSKI CARPET

Ozzi Suria¹, Mega Kartika², Wulandari Kusuma³

Magister Teknik Informatika, Pascasarjana, Universitas Atma Jaya Yogyakarta

Jl. Babarsari 43 Yogyakarta 55281

Telp. (0274) 487711

E-mail: ozzisuria@gmail.com, megakartika18@gmail.com, ribkawulan@yahoo.com

ABSTRACT

Matting, also known as anyaman, is one of handicrafts in Indonesia. It has been introduced to the society at the early stage of education. Every matting handicraft has a unique pattern. It has different patterns which is influenced from the culture or the region where it comes from. In Indonesia, there are some matting patterns which consist of two-dimensional square object. Those square object are arranged by using a unique rule to create a well-organized and beautiful pattern. This research uses square fractal called Sierpinski Carpet that consists of many squares as a local object in order to create various matting patterns. Using Iterated Function System (IFS) method which has iterated function to generate self-similar object, it always results the same fractal shape between local and whole object. This method will be implemented by using C# programming language in order to create various matting pattern.

Keywords: pattern, matting, fractal Sierpinski Carpet

ABSTRAK

Anyaman merupakan salah satu hasil kerajinan tangan yang ada di Indonesia. Kerajinan tangan anyaman, telah diperkenalkan mulai dari pendidikan sejak dini. Kerajinan tangan anyaman memiliki ciri khas berupa motif yang digunakan untuk menganyam. Motif anyaman tersebut dapat berbeda – beda tergantung dari asal atau daerah anyaman tersebut dibuat. Ada beberapa motif anyaman di Indonesia yang terdiri dari bangun dua dimensi berupa persegi, yang disusun secara teratur dengan menggunakan aturan tertentu sehingga menghasilkan suatu motif anyaman yang teratur dan menarik. Pada penelitian ini digunakan suatu jenis fraktal bernama Sierpinski Carpet yang memiliki objek penyusun berupa persegi sehingga dapat digunakan untuk menghasilkan motif anyaman yang bervariasi dan menarik. Fraktal Sierpinski terdiri dari persegi yang dibuat dengan menggunakan metode Iterated Function System (IFS) yang melakukan iterasi yang bersifat serupa diri secara persis sehingga fraktal yang dihasilkan selalu sama persis dengan objek penyusun aslinya. Metode tersebut akan diterapkan dengan menggunakan bahasa pemrograman C# untuk menghasilkan motif anyaman yang bervariasi.

Kata Kunci: motif, anyaman, fractal Sierpinski Carpet

1. PENDAHULUAN

Di Indonesia, dapat ditemukan beraneka ragam kerajinan tangan yang berbeda – beda di berbagai daerah. Salah satu kerajinan tangan tersebut adalah menganyam. Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), menganyam adalah kegiatan mengatur (bilah, daun pandan, dsb) tindh-menindh dan silang-menyilang (spt membuat tikar, bakul). Kegiatan menganyam telah diajarkan secara turun – temurun dan dipelajari mulai dari usia dini melalui prakarya sekolah. Oleh sebagian masyarakat, ilmu menganyam tersebut digunakan sebagai mata pencaharian mereka untuk mencari penghasilan hidup.

Ciri khas dari sebuah anyaman adalah motif anyaman tersebut. Menurut Satria (2010), ada beberapa contoh motif anyaman di Indonesia, seperti yang ditemukan di daerah Rajapolah, Jawa Barat, yaitu motif Seseg/Sasag, motif Sasag Ganda, motif Mata Walik, motif Tangkup, motif Mata Itik, dll. Motif anyaman digunakan untuk memberikan unsur keindahan pada produk yang dihasilkan seperti

karpet, tikar, meja, dan kursi. Tanpa adanya motif pada anyaman, produk yang dihasilkan menjadi kurang menarik.

Ada beberapa motif anyaman di Indonesia yang terdiri dari bangun dua dimensi berupa persegi, yang disusun sedemikian rupa sehingga membentuk suatu motif yang teratur dan menarik. Pada penelitian ini akan dibahas proses pembuatan motif anyaman dengan menggunakan fraktal. Menurut Gomory (2010), Mendelbrot mengungkapkan istilah fraktal untuk mendeskripsikan suatu bentuk yang memiliki ketidakteraturan tetapi terstruktur. Jenis fraktal yang digunakan adalah *Sierpinski Carpet* yang terdiri dari objek penyusun berupa persegi. Menurut Gough (2012), *Sierpinski* adalah sebuah kurva yang mengisi ruang kurva itu sendiri. Dalam penelitian ini kurva Sierpinski dilihat sebagai sebuah objek berbentuk persegi. Secara rekursif, persegi tersebut kan membagi dirinya sendiri menjadi beberapa objek persegi baru yang kemudian mengisi kembali persegi tersebut pada skala yang berbeda. Adanya struktur yang tidak teratur, kesamaan objek antar

objek terkecil dengan objek secara keseluruhan, dan pembentukan objek secara rekursif menunjukkan karakter dari sebuah fraktal (Shuai, 2009).

Dengan menggunakan fraktal, motif anyaman yang dihasilkan dapat lebih bervariasi dan menarik.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Melalui penelitian yang dilakukan oleh Situngkir (2013) dengan judul “*Cellular-Automata and Innovation within Indonesian Traditional Weaving Crafts*”, Situngkir membangun sebuah aplikasi yang melakukan proses *rastering* suatu citra menjadi grid anyaman untuk memperoleh suatu aturan yang dapat digunakan untuk membentuk pola anyaman. Metode yang digunakan untuk membuat inovasi ini adalah *Cellular-Automata*. Aplikasi komputasional yang dibangun menerapkan adaptasi dari modul-modul *Cellular-Automata* dalam membentuk motif anyaman sehingga memberikan motif-motif baru dan memperkaya inspirasi serta eksplorasi motif anyam di Indonesia saat bersentuhan dengan teknologi modern.

Kemudian, mengacu pada penelitian Muslimin (2010) dengan judul “*Learning from Weaving for Digital Fabrication in Architecture*”, Muslimin telah mengembangkan aplikasi untuk meningkatkan anyaman tradisional dengan menggunakan komputasional *waving* yang mengkombinasikan prinsip tradisional secara digital (CAD/CAM). Algoritma yang digunakan adalah L-Sistem dan *Cellular-Automata* untuk memberikan tanda sistem hubungan spasial. Sistem ini dapat menghasilkan berbagai macam pola yang berbeda hanya dengan menggunakan beberapa bentuk sederhana.

Mengacu pada penelitian yang dilakukan oleh Ramandhani (2013) dengan judul “Penggunaan Sistem Fungsi Iterasi untuk Membangkitkan Fraktal beserta Aplikasinya”, Ramandhani mengungkapkan bahwa fraktal pada dasarnya berusaha memodelkan proses yang kompleks dengan mencari proses sederhana dibaliknya. Dalam tulisannya, Ramandhani menggunakan metode Sistem Fungsi Iterasi untuk membangkitkan fraktal yang rumit dan memiliki detail tidak terbatas. Fraktal yang dibangkitkan dengan metode Sistem Fungsi Iterasi ini diaplikasikan dalam bidang pemampatan atau kompresi citra digital agar ketika citra tersebut diperbesar hasilnya tampak lebih detail dibandingkan dengan kompresi standar citra digital.

Berdasarkan ketiga penelitian di atas, kami melakukan penelitian untuk menciptakan motif anyaman baru dengan metode yang lebih sederhana. Metode ini mengkombinasikan metode Sistem Fungsi Iterasi dengan fraktal Sierpinski Carpet untuk membentuk motif – motif anyaman baru. Kombinasi tersebut akan diimplementasikan pada sebuah aplikasi sederhana yang dibangun menggunakan Bahasa pemrograman C#. Aplikasi ini dapat digunakan untuk menciptakan motif anyaman baru

dengan fraktal Sierpinski Carpet sesuai dengan rancangan pola dasar yang diberikan.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah studi pustaka untuk mencari literatur atau sumber pustaka yang berkaitan dengan fraktal, motif anyaman, dan aplikasi yang akan dibuat untuk mempertegas teori-teori yang ada serta memperoleh data yang sesungguhnya.

Selain itu, penelitian ini juga menggunakan metode analisis untuk membangun suatu aplikasi sederhana agar dapat mengimplementasikan persamaan fraktal yang diperoleh. Metode ini memiliki 3 tahap yaitu :

1. Identifikasi Kebutuhan Aplikasi

Mengidentifikasi elemen atau kebutuhan dasar untuk membangun aplikasi.

2. Pengkodean dan Implementasi Persamaan Fraktal

Melakukan pengkodean antarmuka aplikasi dan mengimplementasikan persamaan fraktal ke dalam aplikasi.

3. Pengujian Aplikasi

Menguji aplikasi dengan berbagai macam masukan untuk menghasilkan motif yang bervariasi.

4. PEMBAHASAN

4.1 Landasan Teori

4.1.1 Definisi Anyaman

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia, menganyam adalah kegiatan mengatur (bilah, daun pandan, dsb) tindih-menindih dan silang-menyilang (spt membuat tikar, bakul). Anyaman adalah produk jadi atau hasil dari kegiatan menganyam. Contoh anyaman dengan motif mata itik dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Anyaman motif mata itik

4.1.2 Definisi Fraktal

Menurut pendapat Mandelbrot (1992), fraktal berasal dari bahasa latin yaitu *frangere* merupakan kata kerja yang berarti membelah atau *fractus* merupakan kata sifat yang berarti tidak teratur atau terfragmentasi.

Struktur fraktal dibentuk secara alami dengan adanya replikasi yang bekerja dalam diri objek tersebut pada skala yang berbeda (Ascwanden, 2011). Pada penelitian ini fraktal yang dihasilkan adalah sebuah motif anyaman yang dibentuk dari bangun dasar berupa persegi.

4.1.3 Definisi Sierpinski

Menurut Gough (2012), *Sierpinski* adalah sebuah kurva yang mengisi ruang kurva itu sendiri. Pada penelitian ini, kurva diasosiasikan sebagai suatu objek berupa bangun persegi. Secara rekursif, objek persegi membagi dirinya dan masing – masing bagian mengisi kembali ke persegi tersebut pada skala yang berbeda.

4.1.4 Definisi Iterated Function System (IFS)

Menurut Prasad (2012), IFS atau Sistem Fungsi Teriterasi adalah suatu metode yang terasosiasi dengan fungsi iterasi untuk membentuk suatu fraktal. Semua objek dibentuk serupa diri secara persis dengan menggunakan IFS sehingga IFS juga dapat dilihat sebagai suatu relasi antara objek secara keseluruhan dan objek penyusun.

4.2 Dasar Fraktal Sierpinski

Fraktal pada anyaman ini dibangun secara geometri dimana diperlukan suatu himpunan fungsi yang dikenal dengan nama IFS. Jika IFS tersebut diberi iterasi, maka akan membentuk suatu citra yang dikenal dengan citra fraktal. IFS membangun fraktal dengan cara mengulang transformasi berkali-kali dari pola dasar menjadi suatu pola yang berulang dengan struktur yang sama pada detail tertentu.

Untuk membentuk motif anyaman dengan menggunakan fraktal Sierpinski, dibutuhkan rancangan pola dasar. Rancangan pola dasar dibentuk dari objek penyusun berupa persegi. Kemudian, dengan menggunakan proses iterasi, persegi tersebut disusun menjadi sebuah motif anyaman yang sesuai dengan pola dasarnya. Pola tersebut dibentuk dengan memanfaatkan nilai koordinat-koordinat titik 2 dimensi. Pembentukan koordinat titik tersebut dilakukan dengan cara membagi bidang sebanyak n bagian baris dan kolom dengan jarak yang sama, hal ini dikarenakan setiap bagian dari motif anyaman yang akan dibuat terdiri dari fraktal Sierpinski berbentuk persegi.

Persegi memiliki 4 buah titik utama sebagai penyusunnya. Seperti pada Gambar 2, koordinat $(x1, y1)$ yaitu $(0,0)$ terletak pada sisi kiri atas, koordinat $(x2, y2)$ yaitu $(max-width, 0)$ yang terletak di sisi kanan atas dengan $max-width$ adalah lebar maksimal persegi, koordinat $(x3, y3)$ yaitu $(max-width, max-height)$ yang terletak di sisi kanan bawah dengan $max-height$ adalah tinggi maksimal persegi, dan koordinat $(x4, y4)$ yaitu $(0, max-height)$ yang terletak di sisi kiri bawah. Setiap koordinat titik x disimbolkan sebagai $titik_x_{i,j}$ dengan i merupakan baris dan j merupakan kolom. Setiap koordinat titik y disimbolkan sebagai $titik_y_{i,j}$.

Pada Gambar 2, persegi utama dibagi sebanyak n bagian sepanjang baris i dan kolom j . Dalam penelitian ini diasumsikan nilai $n=5$. Sehingga dapat

diperoleh 25 persegi kecil yang memiliki panjang dan lebar yang sama.

$(x1, y1)$		$(x2, y2) \rightarrow i$				
		1	2	3	4	5
		6	7	8	9	10
		11	12	13	14	15
		16	17	18	19	20
		21	22	23	24	25
$(x4, y4)$	$(x3, y3)$					
$j \downarrow$						

Gambar 2. Koordinat titik x dan y dengan index i, j

4.3 Persamaan

Pencarian nilai koordinat titik x dan titik y pada index kolom ke- i dan baris ke- j dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} titik_x_{i,j} &= x_1 + \left(\left(\frac{x_2 - x_1}{n} \right) * i \right) \\ titik_y_{i,j} &= y_1 + \left(\left(\frac{y_4 - y_1}{n} \right) * j \right) \end{aligned} \quad (1)$$

Persamaan (1) menggunakan nilai inisialisasi awal yaitu $x_1 = y_1 = y_2 = x_4 = 0$ dan $x_2 = x_3 = max-width$ dan $y_3 = y_4 = max-height$. Kedua persamaan ini dapat digunakan untuk menentukan semua nilai x dan y di setiap titik sesuai dengan posisi baris dan kolom dari titik tersebut.

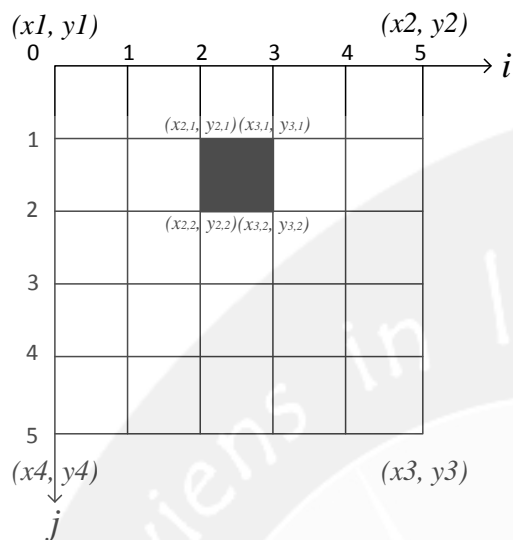
Nilai x dan y yang dibangkitkan hanyalah pada titik yang berhubungan dengan persegi yang akan dimunculkan. Misal, pada Gambar 3 akan dimunculkan persegi nomor 8 yang diwarnai dengan warna hitam. Maka nilai x dan y yang dibangkitkan terletak pada titik $(x_{2,1}, y_{2,1})$, titik $(x_{3,1}, y_{3,1})$, titik $(x_{3,2}, y_{3,2})$, dan titik $(x_{2,2}, y_{2,2})$. Sehingga diperoleh :

$$\begin{aligned} x_1, y_1 &\approx x_{2,1}, y_{2,1} \\ x_2, y_2 &\approx x_{3,1}, y_{3,1} \\ x_3, y_3 &\approx x_{3,2}, y_{3,2} \\ x_4, y_4 &\approx x_{2,2}, y_{2,2} \end{aligned} \quad (2)$$

Melalui hasil tersebut, dapat dipastikan bahwa untuk memperoleh posisi titik fraktal persegi dengan menggunakan persamaan (1) dapat dilakukan dengan cara :

- x_1, y_1 dengan nilai yang didapat dari $titik_x_{i,j}$ dan $titik_y_{i,j}$
- x_2, y_2 dengan nilai yang didapat dari $titik_x_{i+1,j}$ dan $titik_y_{i+1,j}$
- x_3, y_3 dengan nilai yang didapat dari $titik_x_{i+1,j+1}$ dan $titik_y_{i+1,j+1}$

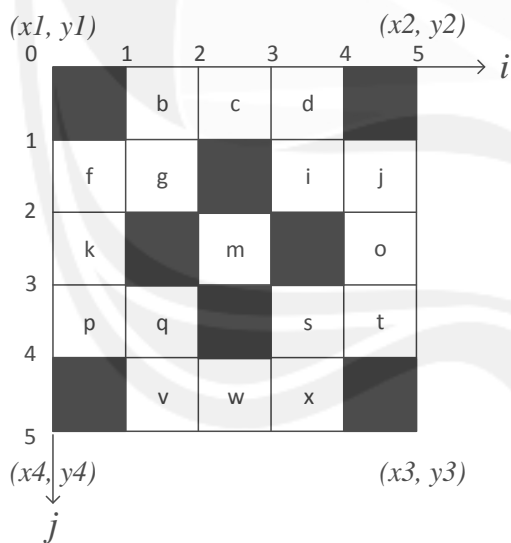
x_4, y_4 dengan nilai yang didapat dari titik $x_{i,j+1}$ dan titik $y_{i,j+1}$



Gambar 3. Contoh titik yang dibangkitkan

4.4 Pembentukan Fraktal

Rancangan pola dasar digunakan sebagai dasar pembentukan fraktal selama iterasi berlangsung. Pada Gambar 4, dimunculkan beberapa persegi yang akan digunakan sebagai pola dasar.



Gambar 4. Contoh pola dasar

Keseluruhan persegi merupakan suatu pola dasar yang dapat dikembangkan menjadi suatu fraktal setelah dilakukan beberapa iterasi. Iterasi 1, hanya menampilkan sebuah persegi karena objek penyusun dari fraktal ini adalah persegi. Pola pada gambar 4 dapat dimunculkan setelah dilakukan iterasi sebanyak 2 kali.

Mengacu pada Gambar 4 Persegi yang dimunculkan atau aktif adalah yang berwarna putih, yaitu b, c, d, f, g, i, j, k, m, o, p, q, s, t, v, w, dan x. Persegi warna hitam diasumsikan sebagai latar gambar. Pada prinsipnya, penempatan nilai pada

titik x_1, y_1 , x_2, y_2 , x_3, y_3 , dan x_4, y_4 untuk setiap persegi adalah sama dengan contoh pada Gambar 3. Sehingga, pengaktifan untuk pola pada Gambar 4 adalah :

a. Persegi b

$$\begin{aligned} x_1, y_1 &\approx x_{1,0}, y_{1,0} & x_3, y_3 &\approx x_{2,1}, y_{2,1} \\ x_2, y_2 &\approx x_{2,0}, y_{2,0} & x_4, y_4 &\approx x_{1,1}, y_{1,1} \end{aligned}$$

b. Persegi c

$$\begin{aligned} x_1, y_1 &\approx x_{2,0}, y_{2,0} & x_3, y_3 &\approx x_{3,1}, y_{3,1} \\ x_2, y_2 &\approx x_{3,0}, y_{3,0} & x_4, y_4 &\approx x_{2,1}, y_{2,1} \end{aligned}$$

c. Persegi d

$$\begin{aligned} x_1, y_1 &\approx x_{3,0}, y_{3,0} & x_3, y_3 &\approx x_{4,1}, y_{4,1} \\ x_2, y_2 &\approx x_{4,0}, y_{4,0} & x_4, y_4 &\approx x_{3,1}, y_{3,1} \end{aligned}$$

d. Persegi f

$$\begin{aligned} x_1, y_1 &\approx x_{0,1}, y_{0,1} & x_3, y_3 &\approx x_{1,2}, y_{1,2} \\ x_2, y_2 &\approx x_{1,1}, y_{1,1} & x_4, y_4 &\approx x_{0,2}, y_{0,2} \end{aligned}$$

e. Persegi g

$$\begin{aligned} x_1, y_1 &\approx x_{1,1}, y_{1,1} & x_3, y_3 &\approx x_{2,2}, y_{2,2} \\ x_2, y_2 &\approx x_{2,1}, y_{2,1} & x_4, y_4 &\approx x_{1,2}, y_{1,2} \end{aligned}$$

f. Persegi i

$$\begin{aligned} x_1, y_1 &\approx x_{3,1}, y_{3,1} & x_3, y_3 &\approx x_{4,2}, y_{4,2} \\ x_2, y_2 &\approx x_{4,1}, y_{4,1} & x_4, y_4 &\approx x_{3,2}, y_{3,2} \end{aligned}$$

g. Persegi j

$$\begin{aligned} x_1, y_1 &\approx x_{4,1}, y_{4,1} & x_3, y_3 &\approx x_{5,2}, y_{5,2} \\ x_2, y_2 &\approx x_{5,1}, y_{5,1} & x_4, y_4 &\approx x_{4,2}, y_{4,2} \end{aligned}$$

h. Persegi k

$$\begin{aligned} x_1, y_1 &\approx x_{0,2}, y_{0,2} & x_3, y_3 &\approx x_{1,3}, y_{1,3} \\ x_2, y_2 &\approx x_{1,2}, y_{1,2} & x_4, y_4 &\approx x_{0,3}, y_{0,3} \end{aligned}$$

i. Persegi m

$$\begin{aligned} x_1, y_1 &\approx x_{2,2}, y_{2,2} & x_3, y_3 &\approx x_{3,3}, y_{3,3} \\ x_2, y_2 &\approx x_{3,2}, y_{3,2} & x_4, y_4 &\approx x_{2,3}, y_{2,3} \end{aligned}$$

j. Persegi o

$$\begin{aligned} x_1, y_1 &\approx x_{4,2}, y_{4,2} & x_3, y_3 &\approx x_{5,3}, y_{5,3} \\ x_2, y_2 &\approx x_{5,2}, y_{5,2} & x_4, y_4 &\approx x_{4,3}, y_{4,3} \end{aligned}$$

k. Persegi p

$$\begin{aligned} x_1, y_1 &\approx x_{0,3}, y_{0,3} & x_3, y_3 &\approx x_{1,4}, y_{1,4} \\ x_2, y_2 &\approx x_{1,3}, y_{1,3} & x_4, y_4 &\approx x_{0,4}, y_{0,4} \end{aligned}$$

l. Persegi q

$$\begin{aligned} x_1, y_1 &\approx x_{1,3}, y_{1,3} & x_3, y_3 &\approx x_{2,4}, y_{2,4} \\ x_2, y_2 &\approx x_{2,3}, y_{2,3} & x_4, y_4 &\approx x_{1,4}, y_{1,4} \end{aligned}$$

m. Persegi s

$$\begin{aligned} x_1, y_1 &\approx x_{3,3}, y_{3,3} & x_3, y_3 &\approx x_{4,4}, y_{4,4} \\ x_2, y_2 &\approx x_{4,3}, y_{4,3} & x_4, y_4 &\approx x_{3,4}, y_{3,4} \end{aligned}$$

n. Persegi t

$$\begin{aligned} x_1, y_1 &\approx x_{4,3}, y_{4,3} & x_3, y_3 &\approx x_{5,4}, y_{5,4} \\ x_2, y_2 &\approx x_{5,3}, y_{5,3} & x_4, y_4 &\approx x_{4,4}, y_{4,4} \end{aligned}$$

o. Persegi v

$$\begin{aligned} x_1, y_1 &\approx x_{1,4}, y_{1,4} & x_3, y_3 &\approx x_{2,5}, y_{2,5} \\ x_2, y_2 &\approx x_{2,4}, y_{2,4} & x_4, y_4 &\approx x_{1,5}, y_{1,5} \end{aligned}$$

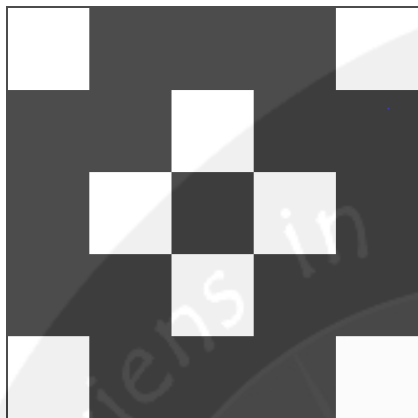
p. Persegi w

$$\begin{aligned} x_1, y_1 &\approx x_{2,4}, y_{2,4} & x_3, y_3 &\approx x_{3,5}, y_{3,5} \\ x_2, y_2 &\approx x_{3,4}, y_{3,4} & x_4, y_4 &\approx x_{2,5}, y_{2,5} \end{aligned}$$

q. Persegi x

$$\begin{aligned} x_1, y_1 &\approx x_{3,4}, y_{3,4} & x_3, y_3 &\approx x_{4,5}, y_{4,5} \\ x_2, y_2 &\approx x_{4,4}, y_{4,4} & x_4, y_4 &\approx x_{3,5}, y_{3,5} \end{aligned}$$

Apabila persegi hasil dari pola dasar pada Gambar 4 dibangkitkan dengan 2 iterasi maka gambar yang dihasilkan seperti pada Gambar 5.



Gambar 5. Contoh pola dengan 2 iterasi

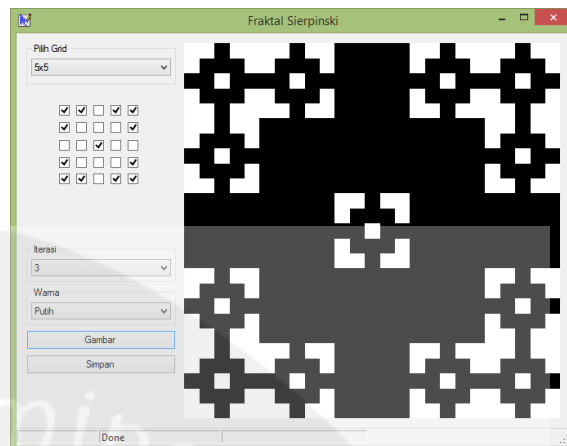
Pola dasar dari anyaman tersebut dapat menjadi sebuah pola atau motif anyaman yang lebih menarik dengan menggunakan 3 iterasi. Pola dasar yang ada pada Gambar 5, dikembangkan dengan menambahkan nilai iterasi sehingga menjadi motif seperti pada Gambar 6. Semakin besar nilai iterasi yang digunakan, maka pembagian persegi di setiap baris menjadi semakin kecil. Dari iterasi ini terbentuk sebuah pola dari fraktal persegi yang apabila dilihat secara keseluruhan sangat mirip dengan pola dasar seperti pada Gambar 5.



Gambar 6. Contoh pola dengan 3 iterasi

4.5 Program

Untuk memudahkan proses pembuatan pola atau motif yang bervariasi, persamaan yang diperoleh dari persamaan 1 diterapkan menjadi suatu algoritma dan dikembangkan dengan menggunakan Bahasa pemrograman C#. Pada Gambar 7 merupakan tampilan aplikasi yang dapat digunakan untuk eksplorasi motif.

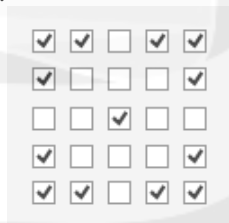


Gambar 7. Tampilan aplikasi

Aplikasi sederhana ini dibuat dengan tujuan untuk menampilkan motif – motif baru yang bisa dibangkitkan dengan menggunakan fraktal Sierpinski.

Pada Gambar 7 merupakan tampilan aplikasi ketika sudah diberikan inputan yang terletak di sisi kiri gambar. Inputan yang diberikan berupa panel checkbox untuk rancangan pola dasar, jumlah iterasi untuk proses iterasi pola untuk membentuk suatu motif, dan warna.

Tampilan fraktal yang dihasilkan di sisi kanan pada Gambar 7 diperoleh dari pola dasar yang semula dibuat dengan menandai kotak checkbox yang diberikan.



Gambar 8. Panel checkbox

Checbbox yang ditandai memiliki fungsi sebagai persegi yang dibangkitkan ketika proses rekursif dijalankan. Maka, jika dibandingkan antara Gambar 7 dengan Gambar 8, dapat dilihat bahwa bagian yang memiliki pola pada Gambar 7 sudah sesuai dengan bagian yang ditandai pada panel checkbox.

4.6 Algoritma

Untuk menggambar dan menampilkan motif sesuai dengan rancangan yang diberikan, algoritma yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 9. Algoritma ini merupakan hasil modifikasi dari algoritma (Meunier, 2009) yang digunakan untuk membuat fraktal Sierpinski.

```

void GenerateSquare(graph, iIterations, x1,
    y1, x2, y2, x3, y3, x4, y4, color,
    array)
{
    if iIterations > 1
    {
        titik_x00 = x1 + (((x2 - x1) / 5) * 0);
        titik_y00 = y1 + (((y4 - y1) / 5) * 0);
        ...
        titik_x50 = x1 + (((x2 - x1) / 5) * 5);
        titik_y50 = y1 + (((y4 - y1) / 5) * 0);

        titik_x01 = x1 + (((x2 - x1) / 5) * 0);
        titik_y01 = y1 + (((y4 - y1) / 5) * 1);

        ...

        titik_x51 = x2;
        titik_y51 = y1 + (((y4 - y1) / 5) * 1);

        ...

        titik_x55 = x1 + (((x2 - x1) / 5) * 4);
        titik_y55 = y1 + (((y4 - y1) / 5) * 5);

        if array [1] == 1
            GenerateSquare(graph, iIterations - 1,
                x1, y1, titik_x10, y1, titik_x11,
                titik_y11, titik_x01, titik_y01,
                oColor,a);

        ...

        if array [25] == 1
            GenerateSquare(graph, iIterations - 1,
                titik_x44, titik_y44, titik_x54,
                titik_y54, x3, y3, titik_x45,
                titik_y15, oColor, a);
    }
    else
    {
        PointF[] points = new PointF[4];
        points[0] ← x1, y1;
        points[1] ← x2, y2;
        points[2] ← x3, y3;
        points[3] ← x4, y4;
        graph.FillPolygon(oColor, points);
    }
}

```

Gambar 9. Algoritma motif anyaman

Proses pembentukan fraktal dilakukan oleh sebuah fungsi rekursif bernama *GenerateSquare*. Motif yang ditampilkan diperoleh dari hasil proses rekursif pada fungsi *GenerateSquare*. Parameter yang diberikan adalah warna, jumlah iterasi, array yang menyimpan rancangan motif dari checkbox yang ditandai, dan nilai koordinat awal (x1,y1), (x2,y2), (x3,y3), (x4,y4) secara berturut – turut adalah (0,0), (0, 460), (460, 460), dan (460,0). Nilai 460 diperoleh dari lebar dan tinggi kotak yang sudah diberikan di awal aplikasi dijalankan.

Di dalam fungsi terdapat kondisi yang melakukan pengecekan jumlah iterasi yang dilakukan. Selama proses iterasi berlangsung, ada 3 tahap yang dilakukan, yaitu :

1. Melakukan perhitungan titik setiap koordinat x dan y dengan menggunakan rumus seperti pada persamaan 1.
2. Melakukan pengecekan variabel array untuk setiap checkbox dan memanggil ulang fungsi

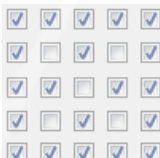
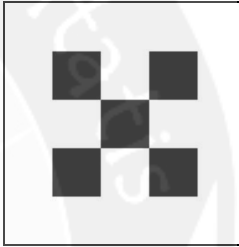
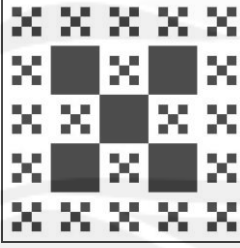
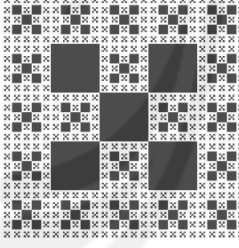
GenerateSquare dengan memberikan parameter utama berupa empat titik koordinat (x_{ij},y_{ij}). Pada bagian ini terjadi proses rekursif karena fungsi memanggil dirinya sendiri.

3. Ketika jumlah iterasi habis, maka akan masuk ke kondisi *else* untuk menggambar persegi sesuai dengan nilai paramter empat titik koordinat (x_{ij},y_{ij}) yang diberikan saat proses rekursif fungsi *GenerateSquare* terjadi.

4.7 Contoh Variasi Motif

Pada Tabel 1 hingga Tabel 6 di bawah ini, akan disajikan beberapa contoh motif yang dihasilkan oleh aplikasi.

Tabel 1. Tabel contoh variasi motif anyaman menggunakan fraktal

Input	2-Iterasi
	
3-Iterasi	4-Iterasi
	

Tabel 2. Tabel contoh variasi motif anyaman menggunakan fraktal

Input	2-Iterasi
3-Iterasi	4-Iterasi

Tabel 3. Tabel contoh variasi motif anyaman menggunakan fraktal

Input	2-Iterasi
3-Iterasi	4-Iterasi




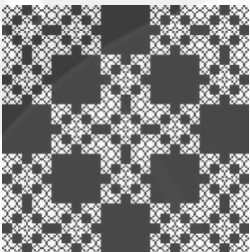
Tabel 4. Tabel contoh variasi motif anyaman menggunakan fraktal

Input	2-Iterasi
3-Iterasi	4-Iterasi

Tabel 5. Tabel contoh variasi motif anyaman menggunakan fraktal

Input	2-Iterasi
3-Iterasi	4-Iterasi

Tabel 6. Tabel contoh variasi motif anyaman menggunakan fraktal

Input	2-Iterasi
	
3-Iterasi	4-Iterasi
	

5. KESIMPULAN

Melalui penelitian di atas, maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

- Fraktal Sierpinski dapat digunakan untuk menghasilkan berbagai macam motif anyaman baru yang modern dan dapat digunakan untuk acuan menganyam.
- Motif baru yang dihasilkan memiliki karakteristik fraktal, yaitu serupa dengan rancangan pola awal yang diberikan.

6. SARAN

Beberapa hal yang masih dapat dikembangkan dari penelitian ini, yaitu dengan menambahkan atau memodifikasi jumlah masukan sehingga memungkinkan untuk memperoleh variasi motif lebih banyak. Selain itu, objek yang digunakan juga tidak hanya persegi saja, tetapi juga dapat dikombinasikan dengan objek lain seperti persegi panjang agar dapat menghasilkan motif yang lebih bervariasi.

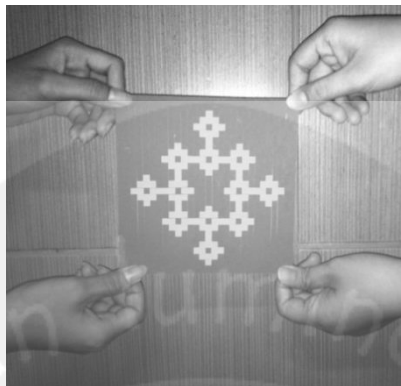
PUSTAKA

- Aschwanden, Markus. 2011. *Self-Organized Critically in Astrophysics: The Statistic of Nonlinear Processes in The Universe*. Springer.
- Gomory, Ralph. 2010. *Benoit Mandelbrot (1924-2010): mathematician, and father of fractal geometry, who described the roughness of nature*. Gale Education, Religion and Humanities Lite Package, (Online), halaman 378, (diakses 22 November 2013).

- Gough, John. 2012. *Hilbert and Sierpinski space-filling curves, and Beyond*. Gale Education, Religion and Humanities Lite Package, (Online), halaman 30, (diakses 22 November 2013).
- Mandelbrot, B.B. 1992. *The Fractal Geometry of Nature*. W.H. Freeman Company.
- Meunier, Serge. 2009. *Fractals in C#: Sierpinski triangles and squares – Smoky Cogs*, Source Code, (Online), (<http://www.smokycogs.com/blog/sierpinski-triangles-and-squares/>, diakses 21 November 2013)
- Muslimin, R. 2010. *Learning from Weaving for Digital Fabrication in Architecture*. Leonardo 43.4 (2010). ISAST, (http://dx.doi.org/10.1162/LEON_a_00007, diakses 16 Februari 2014).
- Prasad, Bhagwati. 2012. *Fractals for A-Iterated Function and Multifunction*. International Journal of Applied Engineering Research, (Online), Volume 7, No. 11, (http://gimt.edu.in/clientFiles/FILE_REPO/2012/NOV/24/1353740679595/182.pdf, diakses 21 November 2013).
- Ramandhani, Mohamad Rivai. 2013. *Penggunaan Sistem Fungsi Iterasi untuk Membangkitkan Fraktal beserta Aplikasinya*. Makalah. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Satria, Pratama Jaka. 2010. *Perancangan Buku Motif Anyaman Rajapolah Sebagai Media Pengenalan Budaya Lokal*. Skripsi. Bandung: UNIKOM Bandung.
- Shuai, Changho & Li, Yong. 2009. *Generating a Simple Fractal Graphics in Computer*. Computer and Information Science, (Online), Volume 2, No. 1, (<http://www.ccsenet.org/journal/index.php/cis/article/download/1899/1803>, diakses 21 November 2013)
- Situnkir, Hokky. 2013. *Cellular-Automata and Innovation within Indonesian Traditional Weaving Crafts*. Munich Personal RePEc Archive, (Online), (<http://mpra.ub.uni-muenchen.de/51608/>, diakses 21 November 2013)

LAMPIRAN

Contoh Anyaman Kertas Menggunakan Motif Pada Tabel 5.



Profil Penulis

Foto	Profil
	Ozzi Suria menerima gelar Sarjana Teknik pada tahun 2013 dengan bidang peminatan <i>Mobile Computing</i> dari program studi Teknik Informatika Fakultas Teknologi Industri Universitas Atma Jaya Yogyakarta, Indonesia. Saat ini sedang menyelesaikan masa pendidikan Magister Teknik Informatika di Pascasarjana Universitas Atma Jaya Yogyakarta dengan mengambil jurusan <i>Soft Computing</i> .
	Mega Kartika Sari menerima gelar Sarjana Teknik pada tahun 2013 dengan bidang peminatan <i>Soft Computing</i> dari program studi Teknik Informatika Fakultas Teknologi Industri Universitas Atma Jaya Yogyakarta, Indonesia. Saat ini sedang menyelesaikan masa pendidikan Magister Teknik Informatika di Pascasarjana Universitas Atma Jaya Yogyakarta dengan mengambil jurusan <i>Soft Computing</i> .
	Wulandari Kusuma Wardhani menerima gelar Sarjana Teknik pada tahun 2013 dengan bidang peminatan <i>Soft Computing</i> dari program studi Teknik Informatika Fakultas Teknologi Industri Universitas Atma Jaya Yogyakarta, Indonesia. Saat ini sedang menyelesaikan masa pendidikan Magister Teknik Informatika di Pascasarjana Universitas Atma Jaya Yogyakarta dengan mengambil jurusan <i>Soft Computing</i> .